

# 负荷训练及低聚果糖结合负荷训练 对大鼠细胞免疫功能的影响

蔡志强<sup>1</sup>,王丽妙<sup>2</sup>,霍洪峰<sup>3</sup>

(1.廊坊师范学院体育学院,河北廊坊 065000;

2.邢台学院,河北邢台 054001;

3.河北师范大学体育学院,河北石家庄,050024)

**摘要:**为了探讨负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠细胞免疫功能的影响,利用跑台训练构建了递增负荷训练大鼠模型。大鼠用1 g/kg的低聚果糖溶液灌服后,测定了其体重、脾脏重量、脾淋巴细胞活性及淋巴细胞亚群变化。结果表明:与对照组和负荷训练组的大鼠相比,补充低聚果糖能够有效增加递增负荷训练大鼠的体重和脾脏重量,差异有统计学意义( $p < 0.05$ ),提高脾淋巴细胞的活性,增加CD4<sup>+</sup>细胞亚群水平和CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>比值,差异有统计学意义( $p < 0.05$ )。结论表明补充低聚果糖可有效改善递增负荷训练的大鼠细胞免疫功能。

**关键词:**低聚果糖,大鼠,负荷训练,CD4<sup>+</sup>,CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>

## Effect of load training and fructo-oligosaccharides binding load training on cellular immune function in rats

CAI Zhi-qiang<sup>1</sup>, WANG Li-miao<sup>2</sup>, HUO Hong-feng<sup>3</sup>

(1.Langfang Teachers University, Langfang 065000, China;

2.Xingtai University, Xingtai 054001, China;

3.Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

**Abstract:** In order to investigate the influence of load training and fructo-oligosaccharides binding load training on cell immune function of the trained rats, the incremental load training rats models were built by using treadmill training. After the rats were treated with 1 g/kg of fructo-oligosaccharide solution gavage, the changes of the weights and the weights of spleens of bodies, the weights of spleens, the activities of the spleens lymphocyte, and the subsets of lymphocyte were determined. The results showed that compared with the control group and the load training rats, supplementary fructo-oligosaccharide could effectively increase the weights and the weights of spleens of the load training rats ( $p < 0.05$ ), improve the activities of the spleens lymphocyte, and increase the levels of CD4<sup>+</sup> cell subsets and CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> ratio, the differences were statistically significant ( $p < 0.05$ ). Supplement FOS could effectively improve the cellular immune function of rats with increasing load training.

**Key words:** fructo-oligosaccharide; rat; training load; CD4<sup>+</sup>; CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)17-0362-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.17.066

研究表明长期进行耐力运动或强化训练会对运动员的免疫功能产生抑制作用<sup>[1]</sup>。免疫抑制发生过程会涉及神经、内分泌、营养、应激等多个系统和生理过程,导致免疫力低下,削弱了机体防御疾病的能力,不利于机体健康<sup>[2]</sup>。因此,如何有效调节由于长时间运动而造成的运动员免疫抑制,对于保护运动员健康和提高训练成绩显得尤为重要。然而,目前除了药物治疗,其他调理方法尚未取得理想的效果<sup>[3]</sup>。

低聚果糖是一种水溶性膳食纤维,不能被消化道吸收利用,但可促进肠道益生菌生长,促进矿物质吸收,刺激结肠运动,改变粪便形状,促进排泄<sup>[4]</sup>。将嗜酸乳杆菌和低聚果糖联合用于肥胖大鼠,可有效减缓体重增加,降低血脂浓度,并可升高血清脂联素水平<sup>[5]</sup>。低聚果糖可通过下调内脏脂肪细胞中visfatin表达水平,抑制血清中炎症因子IL-6、TNF- $\alpha$ 的含量,增加肠道组织中粒细胞抑制蛋白-1mRNA的表达,从而有效改善实验代谢综合征大鼠糖脂代

收稿日期:2014-12-11

作者简介:蔡志强(1981-),男,硕士研究生,讲师,研究方向:体育教学与训练,E-mail:68489859@qq.com。

基金项目:河北省科技厅计划项目(HBKJ13275707)。

谢及氧化损伤<sup>[6]</sup>。研究证实<sup>[7]</sup>,低聚果糖能够对免疫功能产生作用,提高机体免疫应答能力。有研究<sup>[8]</sup>从菊科植物牛蒡中提取了低聚果糖,并证实可提高动物免疫活性,提高若干免疫因子的含量,促进动物生长,抗疲劳效果明显。对递增负荷训练大鼠补充低聚果糖,可显著改善免疫指标<sup>[9]</sup>。现有的关于低聚果糖的研究大多集中在其对消化代谢功能的影响,很少从分子水平探讨其对免疫细胞的影响。现有的研究一般针对低聚果糖对某一功能(如代谢或免疫)进行,缺少系统性研究,本研究以大鼠为研究对象,通过负荷训练及低聚果糖结合,既对代谢指标如体重、脾脏重量等进行研究,又进一步探讨其对脾淋巴细胞活性及淋巴细胞亚群变化进行分析,并对不同时间点进行了差异显著性分析,以系统的研究低聚果糖对负荷训练大鼠全面影响及可能的机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

实验材料 选取3月龄大小清洁级SD雄性大鼠90只,购自河南省实验动物中心。标准大鼠饲料 长春益生实验动物科技有限公司;低聚果糖 昆明幸福泉科技发展有限公司;CCK-8细胞增殖检测试剂盒 上海生博生物医药科技有限公司;CD4-藻红蛋白(PE)、CD8-异硫氰酸荧光素(FITC)荧光单克隆抗体试剂 美国贝克曼库尔特有限公司;磷酸盐缓冲液(PBS)上海壹研生物技术有限公司;2%多聚甲醛固定剂 南京森贝伽生物科技有限公司。

JA2003A 电子天平 上海精天电子仪器有限公司;FACSCalibur 流式细胞仪 美国BD公司;DG5033A 酶标仪 海精密仪器仪表有限公司;Sigma 3K15 离心机 德国希格玛离心机有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 实验动物分组及处理 利用随机数字表随机分为对照组、负荷训练组和负荷训练+补充组(进行负荷训练的同时补充低聚果糖),每组30只。按组别编号标记后分笼饲养,5只一笼,自然光照,温度20~26℃,保持笼内清洁,实验期间自由采食长春益生公司生产的标准大鼠饲料,自由饮水。对照组大鼠不施加任何干预措施。负荷训练组和负荷训练+补充组大鼠每天上午进行一次坡度0的跑台训练,每次30min,一周进行6d,休息1d,持续进行7周。本研究中运动速度为:第1周10m/min、第2周20m/min、第3周25m/min、第4周30m/min、第5周35m/min、第6周40m/min、第7周45m/min<sup>[10]</sup>。

1.2.2 大鼠灌服 负荷训练+补充组大鼠每天上午训练前按照1g/kg的量配制成0.1mL溶液后使用灌胃器口腔灌服,用0.1mL的蒸馏水对对照组和负荷训练组大鼠进行灌服;实验过程中三组大鼠均未出现死亡。

1.2.3 体重测量 每天上午对三组大鼠体重用天平进行测量,每周平行测定7次,并对每组大鼠周体重计算平均值。

1.2.4 取材及指标测定 体重的测定:分别于实验

前、实验4周和7周进行取材,每次每组10只。取标本时,对选取的大鼠进行腹腔注射2%戊巴比妥钠,用量为30mL/kg,将脾脏迅速取出,并用天平进行称重,计算脾脏指数=脾重(g)/大鼠体重(kg)<sup>[10]</sup>。

淋巴活性的测定:利用CCK-8细胞增殖实验对脾淋巴结细胞活性进行检测:于无菌条件下将大鼠脾脏分离后,根据CCK-8细胞增殖检测试剂盒说明进行操作,利用酶标仪对实验结果进行测定,采用OD值表示淋巴细胞活性。

细胞亚群的测定:利用流式细胞仪对T淋巴细胞亚群进行测定:取大约一半脾脏标本进行细胞培养,分离制备淋巴细胞悬液,用冷PBS对标本进行冲洗1次,放入离心机,于1000r/min进行离心10min,随后将CD4-PE和CD8-FITC各2μl同时加入到每个标本管中进行荧光染色,随后利用冷PBS冲洗2次,放入离心机进行1000r/min离心10min,于室温条件下避光保持15min后,用250μL 2%多聚甲醛进行固定,随后用流式细胞仪对T淋巴细胞亚群进行测定。

### 1.3 数据统计

所有实验数据利用SPSS13.0统计分析软件进行统计学处理,计量资料采用平均值±标准差(Mean±SD)表示,多组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用LSD-t检验,同组内不同时间比较采用重复测量数据的方差分析, $p < 0.05$ 差异具有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠体重与脾脏重量的影响

负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠体重与脾脏重量的影响见表1。周优芬等<sup>[11]</sup>研究指出,长期大量运动会加速机体能量代谢,同时,也会对机体吸收营养物质的能力产生影响。本研究显示,负荷训练组大鼠实验3周和7周时体重均低于对照组,说明负荷训练加速了机体营养物质的代谢,从而导致大鼠体重增加减缓。脾脏的重量与其功能和免疫细胞数量密切相关<sup>[12]</sup>,本研究显示,负荷训练组大鼠实验3周和7周时脾脏重量均低于对照组( $p < 0.05$ ),而3周和7周时脾脏指数高于对照组( $p < 0.05$ ),说明负荷训练在导致体重减轻的同时,亦导致脾脏重量增加缓慢或停滞,从而使脾脏指数出现了增加。

低聚果糖作为一种膳食纤维,不能被机体有效吸收,但可以有效改善胃肠道功能,从而有利于对营养物质的吸收<sup>[13]</sup>,有研究指出<sup>[14]</sup>,正常人服用低聚果糖后排泄物中蛋白代谢的氮类产物明显减少。崔珏等<sup>[15]</sup>在对鼠曲草黄酮对糖尿病小鼠体重影响时指出,鼠曲草黄酮可改善糖尿病小鼠糖脂代谢紊乱。本研究显示,负荷训练+补充组大鼠体重实验7周时高于对照组( $p < 0.05$ ),3周和7周时均高于负荷训练组( $p < 0.05$ ),提示补充低聚果糖能够有效减少由于负荷训练而导致的体重增加缓慢,这可能与低聚果糖有利于改善胃肠功能从而促进了营养物质的吸收有关。本研究中,负荷训练+补充组大鼠脾脏

表1 不同时间三组大鼠体重和脾脏重量情况(Mean ± SD, n = 10)

Table 1 The weight and spleen weight of rats in three groups at different time points(Mean ± SD, n = 10)

指标	组别	实验前	实验3周	实验7周	7周相比实验前变化率(%)
体重(g)	对照组	219.2 ± 4.9	305.7 ± 18.4 *	348.6 ± 19.6 *#	59.0
	负荷训练组	220.3 ± 5.1	256.4 ± 10.2 * <sup>Δ</sup>	291.5 ± 9.7 *# <sup>Δ</sup>	32.3
	负荷训练 + 补充组	219.8 ± 5.0	318.6 ± 23.5 *#	403.7 ± 26.3 *# <sup>Δ</sup> *	83.7
脾脏重量(g)	对照组	0.43 ± 0.19	0.67 ± 0.16 *	0.71 ± 0.12 *	65.5
	负荷训练组	0.44 ± 0.20	0.55 ± 0.31 * <sup>Δ</sup>	0.59 ± 0.10 * <sup>Δ</sup>	37.2
	负荷训练 + 补充组	0.46 ± 0.18	0.79 ± 0.20 *#	0.69 ± 0.09 *	50.0
脾脏指数(g/kg)	对照组	1.94 ± 0.22	2.06 ± 0.24	2.03 ± 0.16	
	负荷训练组	2.15 ± 0.18	2.23 ± 0.27 <sup>Δ</sup>	2.19 ± 0.14 <sup>Δ</sup>	
	负荷训练 + 补充组	2.02 ± 0.20	2.74 ± 0.89 *#	1.86 ± 0.65*#	

注:表中数据为平均值 ± 标准差,与实验前相比,\* $p < 0.05$ ;与实验3周相比,# $p < 0.05$ ;与对照组相比,<sup>Δ</sup> $p < 0.05$ ;与负荷训练组相比,\* $p < 0.05$ ,表2、表3同。

表2 三组大鼠不同时点脾淋巴细胞活性情况(Mean ± SD, n = 10)

Table 2 The spleen lymphocyte activity of rats in three groups at different time points(Mean ± SD, n = 10)

组别	实验前	实验3周	实验7周
对照组	0.21 ± 0.04	0.35 ± 0.05 *	0.46 ± 0.06 *#
负荷训练组	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.03 <sup>Δ</sup>	0.17 ± 0.04 *# <sup>Δ</sup>
负荷训练 + 补充组	0.22 ± 0.05	0.38 ± 0.22 *#	0.57 ± 0.15 *# <sup>Δ</sup> *
<i>F</i>	1.007	8.361	63.740
<i>p</i>	0.379	0.001	0.000

重量3周时高于对照组( $p < 0.05$ ),3周和7周时均高于负荷训练组( $p < 0.05$ )说明补充低聚果糖可有效改善由于递增负荷训练对脾脏重量的影响;在实验3周时脾脏指数高于对照组和负荷训练组( $p < 0.05$ ),而7周时低于负荷训练组( $p < 0.05$ ),有研究指出<sup>[16]</sup>,营养物质流失会导致淋巴细胞大量凋亡。据此分析,低聚果糖可改善胃肠道功能利于营养物质吸收,从而有效保护了淋巴细胞,抑制了脾脏萎缩。

## 2.2 负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠脾淋巴细胞活性的影响

负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠脾淋巴细胞活性的影响见表2。邵美丽等<sup>[20]</sup>在研究豆渣RNA及其酶降解物对小鼠免疫功能影响时选用了脾淋巴细胞增殖能力指标,本研究亦对不同时点脾淋巴细胞活性进行比较发现,负荷训练组大鼠实验7周时淋巴细胞活性较实验前下降( $p < 0.05$ ),实验3周和7周时均低于对照组( $p < 0.05$ ),说明递增负荷训练会对脾淋巴细胞活性产生抑制作用。分析原因,长时间大量运动会导致交感神经兴奋,会引发外周血大量抑制免疫作用的激素大量增加,同时,运动过程中导致肌肉及组织损伤亦会导致大量炎症因子的释放,这些物质会大量的与免疫细胞相结合,而不能与免疫刺激物相结合,从而引起免疫细胞活性降低,与此同时,递增负荷训练作为一种外来刺激,会使机体产生应激反应,从而使机体产生免疫抑制因子<sup>[17]</sup>,Uchida等亦研究指出<sup>[18]</sup>,力竭运动可明显抑制淋巴细胞功能。

本研究中补充低聚果糖后,负荷训练 + 补充组

大鼠实验3周和7周时淋巴细胞活性均较实验前升高( $p < 0.05$ ),且均高于负荷训练组( $p < 0.05$ ),7周时高于对照组( $p < 0.05$ ),说明补充低聚果糖可对细胞活性产生正调节作用。分析原因,低聚果糖经过双歧杆菌等作用后,能够降低肠道pH,同时使肠渗透率显著增加,从而有利于矿物质的吸收,而矿物质离子在淋巴细胞活化信号传导过程中发挥重要作用<sup>[19]</sup>。

## 2.3 负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠淋巴细胞亚群的影响

流式细胞仪检测脾脏T细胞亚群情况见图1。负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠淋巴细胞亚群的影响见表3。T淋巴细胞是免疫细胞中数量最多的免疫活性细胞,其中,CD4<sup>+</sup>和CD8<sup>+</sup>是其两个不同功能的细胞亚群,CD4<sup>+</sup>作为一种辅助性细胞亚群,在辅助和诱导T细胞中发挥重要作用,而CD8<sup>+</sup>则发挥相反的抑制作用,从而维持机体免疫功能平衡,CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>比值则是反映机体免疫功能平衡的重要指标<sup>[21]</sup>。有研究指出<sup>[22]</sup>,不同运动强度会对机体免疫功能产生不同程度的抑制作用。本研究显示,负荷训练组大鼠CD4<sup>+</sup>在实验7周时低于对照组( $p < 0.05$ ),CD8<sup>+</sup>在实验3周和7周时均高于对照组( $p < 0.05$ ),CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>在实验3周和7周时均低于对照组( $p < 0.05$ ),说明负荷训练对大鼠细胞免疫产生了抑制作用,细胞免疫功能受到损伤。低聚果糖不能被消化道降解,而消化道中的有益菌则可通过利用低聚果糖而大量增殖,从而刺激肠道的免疫细胞,增加了抗体数量,强化了免疫功能<sup>[23]</sup>,本研究中,



表3 三组大鼠不同时点淋巴细胞亚群变化情况 (Mean ± SD, n = 10)

Table 3 The lymphocyte subsets of rats in three groups at different time points (Mean ± SD, n = 10)

指标	组别	实验前	实验3周	实验7周
CD4 <sup>+</sup>	对照组	26.57 ± 3.04	37.14 ± 2.42 <sup>*</sup>	44.37 ± 4.15 <sup>*#</sup>
	负荷训练组	27.03 ± 2.95	36.23 ± 2.81 <sup>*</sup>	27.68 ± 4.53 <sup>#</sup>
	负荷训练 + 补充组	26.97 ± 2.86	26.42 ± 5.53 <sup>Δ**</sup>	30.06 ± 5.29 <sup>*#</sup>
CD8 <sup>+</sup>	对照组	17.67 ± 0.72	23.11 ± 2.13 <sup>*</sup>	23.27 ± 2.64 <sup>*</sup>
	负荷训练组	18.06 ± 0.69	27.32 ± 1.14 <sup>*Δ</sup>	29.95 ± 1.19 <sup>#Δ</sup>
	负荷训练 + 补充组	18.18 ± 0.58	17.58 ± 2.67 <sup>Δ**</sup>	16.98 ± 5.97 <sup>Δ**</sup>
CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup>	对照组	1.53 ± 0.15	1.69 ± 0.46 <sup>*</sup>	2.01 ± 0.21 <sup>*</sup>
	负荷训练组	1.51 ± 0.14	1.35 ± 0.15 <sup>*Δ</sup>	0.91 ± 0.13 <sup>*#Δ</sup>
	负荷训练 + 补充组	1.52 ± 0.17	1.64 ± 0.36 <sup>**</sup>	1.98 ± 0.55 <sup>*#**</sup>

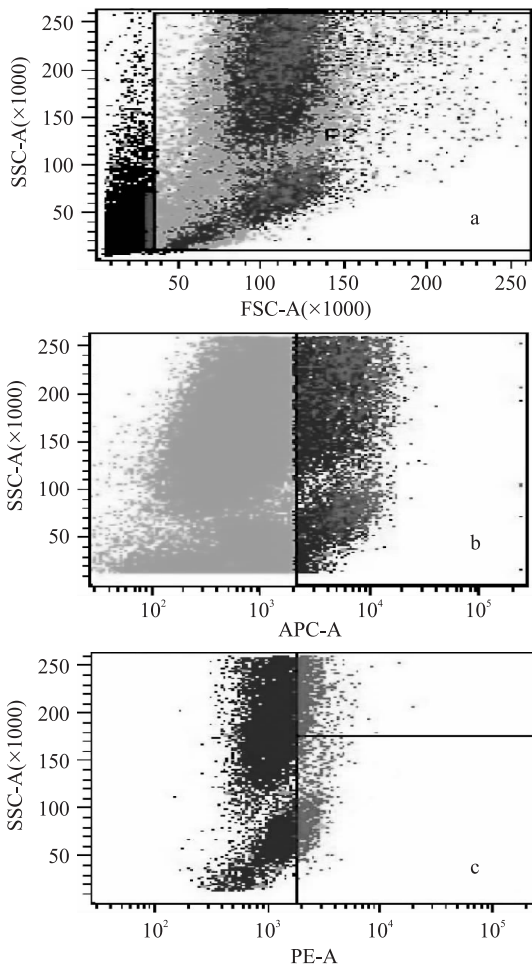


图1 流式细胞仪检测脾脏T细胞亚群

Fig.1 Flow cytometry tested T subset in splenic

注: a 示利用 FCM 技术分细胞亚群; b 示选出 CD34 阳性细胞; c 示在 CD34 阳性细胞中选出 CD4<sup>+</sup> 和 CD8<sup>+</sup> 亚群。

负荷训练 + 补充组大鼠在第7周时 CD4<sup>+</sup> 略高于负荷训练组 ( $p > 0.05$ ), CD8<sup>+</sup> 在3周和7周时均低于对照组和负荷训练组 ( $p < 0.05$ ), CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> 在实验3周和7周时均高于负荷训练组 ( $p < 0.05$ ), 说明低聚果糖可有效调节机体免疫细胞激活状态, 增强了负荷训练中大鼠的免疫功能, 崔京春等<sup>[24]</sup> 在研究榆耳发酵液多糖对小鼠免疫功能的影响时, 亦发现中、高剂量饲喂组小鼠出现 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> 比值增高, 对小鼠具有良好的免疫增强功效。

### 3 结论

通过比较研究负荷训练及低聚果糖结合负荷训练对大鼠体重、脾脏重量、脾脏指数、脾淋巴细胞活性、CD4<sup>+</sup>、CD8<sup>+</sup> 及 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> 比值的影响, 发现负荷训练可导致大鼠体重和脾脏重量减轻, 会对脾淋巴细胞活性产生抑制作用, 而补充低聚果糖结合负荷训练则可有效改善由于递增负荷训练而对体重和脾脏重量的影响, 可对淋巴细胞活性产生正调节作用, 有效调节机体免疫细胞激活状态, 增强了负荷训练大鼠的免疫功能。

### 参考文献

[1] Gleeson M, Williams C. Intense exercise training and immune function [J]. Nestle Nutr Inst Workshop Ser, 2013, 112 (76): 39-50.

[2] 张梦瑶, 孙晓莉, 唐丽, 等. Cbl-b 调控 T 细胞的免疫耐受 [J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2012, 28(4): 445-447.

[3] Kandolin R, Lehtonen J, Salmenkivi K, et al. Diagnosis, treatment, and outcome of giant-cell myocarditis in the era of combined immunosuppression [J]. Circ Heart Fail, 2013, 6(1): 15-22.

[4] Sathish T, Prakasham RS. Intensification of Fructosyltransferases and Fructo-Oligosaccharides Production in Solid State Fermentation by Aspergillus awamori GHRTS [J]. Indian J Microbiol, 2013, 53(3): 337-342.

[5] 秦青旭. 嗜酸乳杆菌、低聚果糖对肥胖大鼠血清、血清脂联素、血管内皮 NF-κB 影响的研究 [M]. 大连: 大连医科大学, 2013.

[6] 金迪. 低聚果糖改善实验性代谢综合征大鼠的作用及其机制研究 [M]. 上海: 第二军医大学, 2012.

[7] Delgado GT, Thomé R, Gabriel DL, et al. Yacon (Smallanthus sonchifolius) - derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse [J]. Nutr Res, 2012, 32(11): 884-892.

[8] 郭默然, 张鹏英, 郭艳玲, 等. 牛蒡低聚果糖生理活性的研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(1): 146-149.

[9] 胡晓燕, 郝选明. 补充低聚果糖对递增负荷训练大鼠免疫指标的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2012, 31(4): 336-340.

[10] Hu X, Hao X. Effects of FruOo-oligosaccharides Supplement on Immune Index of Rats during Long-term Incremental Exercise

(下转第 370 页)

40% 和 EAA/NAA 值 0.6, 川明参蛋白第一限制氨基酸为赖氨酸, SRC 为 81.65, 与 WTO/FAO 提出的推荐值较为接近, 具有较高的营养价值和保健作用, 是有利于人体氨基酸营养平衡的天然绿色食品。

### 参考文献

- [1] 余孟兰, 单人骅. 伞形科两新属——环根芹属和川明参属[J]. 植物分类学报, 1980, 18(1): 45-49.
- [2] 万德光, 彭成, 赵军宁. 四川道地中药材志[Z]. 成都: 四川科学技术出版社, 2005: 53-55.
- [3] 张梅, 雨田, 苏筱琳, 等. 川明参多糖的理化性质和免疫活性研究[J]. 华西药理学杂志, 2007, 22(4): 396-398.
- [4] 邵承斌, 李宏, 吴鹤麟, 等. 川明参营养化学成分的研究[J]. 中草药, 1997, 28(10): 590-591.
- [5] Song X, Yin Z, Li L, et al. Antiviral activity of sulfated Chuanminshen violaceum polysaccharide against duck enteritis virus *in vitro* [J]. Antiviral Research, 2013, 98(2): 344-351.
- [6] 陈丹丹, 彭成. 川产道地药材川明参抗疲劳和抗氧化作用研究[J]. 现代中药研究与实践, 2011, 25(01): 28-30.
- [7] 李宏, 邵承斌. 川明参多糖的抗突变性研究——对环磷酰胺诱发蚕豆根尖细胞微核的影响[J]. 渝州大学学报: 自然科学版, 1996, 13(4): 26-30.
- [8] 李宏, 邵承斌. 川明参多糖的遗传毒理学检验——对蚕豆根尖细胞微核的影响[J]. 渝州大学学报: 自然科学版, 1996, 13(4): 31-34.
- [9] 董红敏, 牛小勇, 唐江林, 等. 正交实验优化川明参多糖超

声提取工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8): 306-309.

- [10] 董红敏, 李路, 沈丽雯, 等. 川明参中蛋白与多糖的同步提取及抗氧化性测定[J]. 中成药. <http://www.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20141031.1314.001.html>
- [11] Nonier M, Vivas N, De Gaulejac N V, et al. Global fractionation of oak heartwood extractable polymers (lignins, polysaccharides and ellagitannins) by selective precipitations[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85: 343-353.
- [12] Xu R, Xin Y, J W H, Wei - Hong L, et al. Chemical Composition and Antioxidant Activities of Three Polysaccharide Fractions from Pine Cones[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2012(13): 14262-14277.
- [13] 张新昌, 刘芳, 宋亚蕊, 等. 茶籽蛋白的营养价值评价[J]. 中国油脂, 2013, 38(2): 45-47.
- [14] 杨丰榕, 苏强, 李瑞燕, 等. 党参多糖的气相色谱-质谱联用分析[J]. 中国医药导报, 2011, 8(17): 34-36.
- [15] 梁军, 王迪, 夏永刚, 等. 麻黄根多糖中单糖组成的 GC-MS 分析[J]. 中医药学报, 2014, 42(04): 17-18.
- [16] 杨兴斌, 赵燕, 周四元, 等. 柱前衍生化高效液相色谱法分析当归多糖的单糖组成[J]. 分析化学, 2005, 33(9): 1287-1290.
- [17] 罗宇年, 田英姿, 英犁, 等. 新疆主栽核桃品种的营养品质评价[J]. 现代食品科技, 2014, 30(5): 258-261.
- [18] 向东山. 竹节人参中氨基酸含量及组成分析[J]. 中国酿造, 2009(5): 157-158.

(上接第 365 页)

- [J]. Chin J Sports Med, 2012, 31(4): 336-340.
- [11] 周优芬, 任青玲. 饮食和运动指导对 PCOS 患者体重及代谢的影响[J]. 中国现代医生, 2014, 52(7): 100-102, 105.
- [12] 王宇, 吴旭颖, 魏绍盛, 等. Rag2 敲除小鼠脏器重量、血液生理生化指标及免疫细胞的研究[J]. 中国比较医学杂志, 2014, 24(5): 56-61.
- [13] 姜晓. 低聚果糖对骨折卧床病人肠道微生态的调整作用观察[J]. 现代预防医学, 2012, 39(4): 832-833.
- [14] Scholtens PA, Goossens DA, Staiano A. Stool characteristics of infants receiving short-chain galacto-oligosaccharides and long-chain fructo-oligosaccharides: A review [J]. World J Gastroenterol, 2014, 20(37): 13446-13452.
- [15] 崔珏, 李超, 苏颖, 等. 鼠曲草总黄酮对糖尿病小鼠血脂代谢紊乱的改善作用研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(22): 324-327.
- [16] Caglayan K, Oner I, Gunerhan Y, et al. The impact of preoperative immunonutrition and other nutrition models on tumor infiltrative lymphocytes in colorectal cancer patients [J]. Am J Surg, 2012, 204(4): 416-421.
- [17] Xing JQ, Zhou Y, Fang W, et al. The effect of pre-competition training on biochemical indices and immune function of volleyball players [J]. Int J Clin Exp Med, 2013, 6(8): 712-715.
- [18] Uchida M, Oyanagi E, Kawanishi N, et al. Exhaustive

- exercise increases the TNF- $\alpha$  production in response to flagellin via the upregulation of toll-like receptor 5 in the large intestine in mice [J]. Immunol Lett, 2014, 158(1-2): 151-158.
- [19] 邵美丽, 陈慧燕, 李娜. 豆渣 RNA 及其酶解物对小鼠免疫功能的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 332-335.
- [20] Guerreiro I, Pérez - Jiménez A, Costas B, et al. Effect of temperature and short chain fructooligosaccharides supplementation on the hepatic oxidative status and immune response of turbot (Scophthalmus maximus) [J]. Fish Shellfish Immunol, 2014, 40(2): 570-576.
- [21] Getachew Y, Cusimano FA, James LP, et al. The role of intrahepatic CD3 + /CD4 - /CD8 - double negative T (DN T) cells in enhanced acetaminophen toxicity [J]. Toxicol Appl Pharmacol, 2014, 280(2): 264-271.
- [22] Nelson AR, Jackson L, Clarke J, et al. Effect of post-exercise protein-leucine feeding on neutrophil function, immunomodulatory plasma metabolites and cortisol during a 6-day block of intense cycling [J]. Eur J Appl Physiol, 2013, 113(9): 2211-2222.
- [23] Li M, Monaco MH, Wang M, et al. Human milk oligosaccharides shorten rotavirus-induced diarrhea and modulate piglet mucosal immunity and colonic microbiota [J]. ISME J, 2014, 8(8): 1609-1620.
- [24] 崔京春, 郭海勇, 邢效瑞, 等. 榆耳发酵液多糖对小鼠免疫功能的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 342-350.